

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ АППАРАТЫ И СИСТЕМЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
дневной формы обучения*



Могилев 2025

УДК 620.3:620.179.14
ББК 31.22
Э45

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» « 12 » декабря 2024 г.,
протокол № 4

Составитель д-р техн. наук, проф. В. А. Новиков

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Приведены цель, основные теоретические положения, указаны приборы и оборудование, порядок выполнения работ, содержание отчета, контрольные вопросы, дан список литературы к лабораторным работам.

Учебное издание

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ АППАРАТЫ И СИСТЕМЫ

Ответственный за выпуск	А. В. Хомченко
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 16 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование распределения напряженности поля у различных источников магнитного поля (электромагнит, соленоид, проводник с током, система проводников).....	5
2 Лабораторная работа № 2. Оценка качества размагничивания объекта....	9
3 Лабораторная работа № 3. Изучение принципа действия и устройства приборов для измерения переменных магнитных полей.....	11
4 Лабораторная работа № 4. Размагничивание объектов контроля. Определение качества размагничивания	13
5 Лабораторная работа № 5. Определение кривой намагничивания низкоуглеродистой стали.....	17
6 Лабораторная работа № 6. Изучение принципа действия приборов низкочастотной электротерапии серии «Радиус-01».....	20
7 Лабораторная работа № 7. Изучение принципа действия аппаратов серии «СЕТА-Д», предназначенных для бесконтактного воздействия низко- и среднечастотным импульсным магнитным полем.....	22
8 Лабораторная работа № 8. Изучение принципа действия и настройка аппарата физиотерапевтического «РЕФТОН-01-ФС».....	25
9 Лабораторная работа № 9. Изучение принципа действия и настройка аппарата BTL-4000 Smart.....	27
Список литературы.....	28

Введение

Целью дисциплины является ознакомление студентов с методическими и технологическими вопросами применения магнитных, электрических и вихре-токовых методов для диагностики, терапии биологических объектов и экологического мониторинга, с физикой магнитных, электрических и электромагнитных явлений, принципами построения приборов и устройств, основанных на регистрации воздействия магнитных, электрических и электромагнитных полей на биологические объекты либо на измерении электрических и электромагнитных характеристик объектов.

Методические рекомендации содержат такие важные вопросы, как изучение принципа действия и настройка приборов низкочастотной электротерапии серии «Радиус-01», аппаратов серии «СЕТА-Д», предназначенных для бесконтактного воздействия низко- и среднечастотным импульсным магнитным полем на биологический объект; изучение принципа действия и настройка аппарата многофункционального физиотерапевтического «РЕФТОН-01-ФС», аппарата BTL-4000 Smart; получение навыков выполнения измерений параметров вибраций объектов с помощью средств вихретокового анализа; изучение принципа действия и устройства прибора для измерения переменных магнитных полей; исследование распределения напряженности поля у различных источников магнитного поля (электромагнит, соленоид, проводник с током, система проводников); оценка качества размагничивания объекта.

Всего методические рекомендации содержат девять лабораторных работ, которые включают цель работы, основные теоретические положения, приборы и оборудование, порядок выполнения работы, подготовку образцов, выполнение измерений, содержание отчета, контрольные вопросы, список литературы, что позволит студентам лучше усвоить теоретические и экспериментальные основы дисциплины «Электромагнитные аппараты и системы».

1 Лабораторная работа № 1. Исследование распределения напряженности поля у различных источников магнитного поля (электромагнит, соленоид, проводник с током, система проводников)

Цель работы: исследование распределения напряженности поля у различных источников магнитного поля (электромагнит, соленоид, проводник с током, система проводников).

1.1 Основные теоретические положения

Магнитное поле – одна из форм проявления электромагнитного поля. *Источниками магнитного поля* являются проводники с током, частицы или тела, обладающие магнитным моментом (магнитные частицы), а также движущиеся электрически заряженные объекты. Магнитное поле возникает при изменении во времени электрического поля. Наличие магнитного поля в пространстве может быть обнаружено по его силовому действию на магнитную стрелку, перемещаемый пробный электрический заряд, проводник с током при соответствующем его расположении. Силовые линии магнитного поля обнаруживаются с помощью магнитного порошка, частицы которого намагничиваются в магнитном поле и выстраиваются в цепочки. Сила, действующая в магнитном поле на движущиеся электрические заряды (сила Лоренца), пропорциональна скоростям движения зарядов и направлена перпендикулярно этим скоростям:

$$F = qvB \sin \alpha,$$

где q – заряд частицы;

v – ее скорость;

α – угол между направлением скорости и вектором магнитной индукции $\vec{B}$.

Основными характеристиками магнитного поля являются *индукция* и *напряженность*. Магнитная индукция B характеризует магнитное поле в веществе. Индукция – векторная величина. За направление $\vec{B}$ принимается направление силы, действующей на северный полюс магнитной стрелки. Если некоторое тело поместить в магнитное поле, например созданное находящимся рядом проводником с током, то под действием этого поля микроскопические токи атомов тела повернутся и создадут в теле дополнительное магнитное поле. Магнитная индукция будет определяться суперпозицией этих полей. Следовательно, вектор магнитной индукции $\vec{B}$ характеризует результирующее магнитное поле, создаваемое макро- и микротоками. Другими словами, при намагничивании индукция результирующего поля равна сумме индукции внешнего поля и индукции молекулярных токов. Если тело будет изготовлено из другого материала, то величина индукции, как правило, будет другой. *Магнитная индукция* определяется отношением максимального вращающего

момента $M_{\max}$, действующего на контур с током в магнитном поле, к магнитному моменту этого контура p_m :

$$B = M_{\max}/p_m.$$

Поток Φ вектора магнитной индукции через площадку S (или просто магнитный поток) определяется из выражения

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где α – угол между вектором магнитной индукции и нормалью к площадке.

В неоднородном магнитном поле поток через площадку S конечных размеров

$$\Phi = \int_S B_n dS,$$

где B_n – нормальная составляющая магнитной индукции.

Интенсивность *внешнего магнитного поля* характеризуют *вектором напряженности магнитного поля $\vec{H}$* . Напряженность поля *не зависит от свойств среды*. Напряженность магнитного поля в *однородной изотропной среде* совпадает по направлению с вектором магнитной индукции. Вектор напряженности магнитного поля $\vec{H}$ связан с вектором магнитной индукции $\vec{B}$ соотношением

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M},$$

где μ_0 – магнитная постоянная;

$\vec{M}$ – вектор намагниченности среды.

Для изотропного материала

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu_r},$$

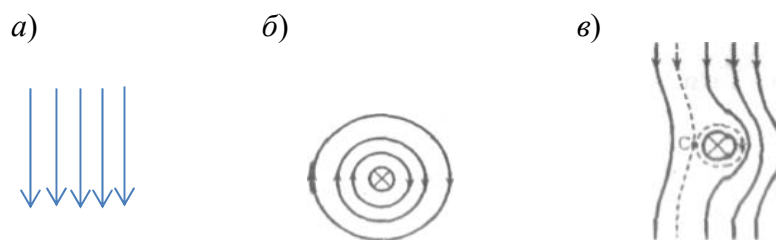
где μ_r – относительная магнитная проницаемость (показывает, во сколько раз магнитная индукция в данной среде больше, чем в вакууме).

Графически магнитное поле изображают с помощью силовых линий. Силовые линии магнитного поля (или линии магнитной индукции) – это линии, проведенные так, что касательные к ним в каждой точке указывают направление поля в этой точке, т. е. направление силы, действующей на северный полюс магнитной стрелки. Другими словами, магнитная стрелка ориентируется вдоль силовых линий магнитного поля, а острие ее северного полюса указывает направление поля. Силовые линии магнитного поля являются непрерывными. В отличие от силовых линий электрического поля, они замкнутые. Их

плотность равна индукции магнитного поля, а магнитный поток равен всему числу силовых линий, пронизывающих данный контур. Магнитные силовые линии не пересекают друг друга. Они проходят по пути наименьшего магнитного сопротивления. Вдоль силовых линий магнитного поля располагаются оси маленьких магнитных стрелок. Цепочки, которые образуют в магнитном поле железные опилки, показывают форму силовых линий.

Если магнитное поле однородное, то магнитные силовые линии имеют вид параллельных прямых, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга (рисунок 1.1, *а*).

Протекающий по проводнику ток создает неоднородное магнитное поле, убывающее по мере удаления от проводника. Силовые линии такого поля представляют собой концентрические окружности (рисунок 1.1, *б*). Расстояние между ними тем больше, чем больше расстояние от источника поля, т. е. чем меньше напряженность поля. Если проводник с током поместить в однородное магнитное поле, то это приведет к искажению поля. Силовые линии поля при этом искривляются. Их плотность становится больше с той стороны проводника, где направление силовых линий проводника совпадает с направлением внешнего поля, и убывает там, где оно противоположно (рисунок 1.1, *в*). Минимальная напряженность поля будет в точке *С* [1].



а – однородного; *б* – неоднородного (проводника с током); *в* – суперпозиции однородного поля и проводника с током

Рисунок 1.1 – Вид силовых линий магнитного поля

Приборы и оборудование

- 1 Приборы для измерения напряженности магнитного поля ТП-2У, ИОН-3, ИМП-1; источники питания IRPS 60В/20А, Б5-78/6, ВСА-5К, В-24.
- 2 Электромагнит, соленоид, система проводников.
- 3 Немагнитная пластина с проемами для расположения в них полюсов электромагнитов.
- 4 Бумага с нанесенной на ней координатной сеткой.

Задание

Приобрести навыки работы с приборами для измерения напряженности магнитного поля. Исследовать распределение напряженности поля у различных источников магнитного поля (электромагнит, соленоид, проводник с током, система проводников).

1.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить инструкции по эксплуатации приборов для измерения напряженности магнитного поля.
- 2 Научиться выполнять измерения напряженности поля различными средствами измерений.
- 3 Разработать методику исследования распределения напряженности магнитного поля у различных источников поля.
- 4 Изобразить силовые линии и топографию магнитного поля в окрестностях исследуемого объекта.

Содержание отчета

- 1 Краткое описание принципа действия различных магнитных преобразователей.
- 2 Описание методики исследования напряженности магнитного поля у различных объектов.
- 3 Картина силовых линий магнитного поля и линий равных значений напряженности магнитного поля в окрестностях объекта с указанием численных значений (объект исследований – по указанию преподавателя).
- 4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите принцип действия индукционных, пондеромоторных, феррозондовых, магниторезистивных преобразователей, преобразователей Холла.
- 2 Назовите достоинства известных вам магнитных преобразователей.
- 3 Назовите область применения известных магнитных преобразователей.
- 4 Какие магнитные преобразователи называют пассивными, а какие активными?
- 5 Приведите примеры активных магнитных преобразователей.
- 6 Опишите конструкции известных магнитных преобразователей.
- 7 Опишите свойства силовых линий магнитного поля.
- 8 Как устроен преобразователь измерителя магнитных полей ИМП-1?
- 9 Можно ли с помощью прибора ИМП-1 измерять слабые магнитные поля?
- 10 Чем магнитный преобразователь отличается от индикатора магнитных полей?

2 Лабораторная работа № 2. Оценка качества размагничивания объекта

Цель работы: приобретение навыков оценки качества размагничивания ферромагнитных объектов.

2.1 Основные теоретические положения

В ряде случаев намагниченные объекты должны быть подвергнуты размагничиванию. Размагничивание осуществляется путем воздействия на размагничиваемую деталь знакопеременным магнитным полем с постепенно убывающей до нуля амплитудой. Лучшие результаты размагничивания получаются в случаях, когда направление размагничивающего поля совпадает с направлением поля, которым детали были намагничены.

В зависимости от формы и размеров деталей размагничивание может осуществляться следующими способами:

- путем перемещения детали через соленоид, питаемый переменным током, и удаления ее на расстояние, на котором поле соленоида ничтожно мало, обычно на расстояние, равное 3...5 диаметрам (или диагоналям) соленоида;
- уменьшая до нуля переменный ток в катушке соленоида с помещенной в него деталью (длина соленоида должна быть при этом больше длины детали);
- удаляя детали из электромагнита, питаемого переменным током;
- уменьшая до нуля переменный ток в электромагните, в межполюсном пространстве которого находится размагничиваемая деталь или ее участок;
- пропуская по детали либо по стержню, вставленному в полость детали, переменный ток, амплитуда которого изменяется от максимального значения до нуля;
- путем продольного намагничивания детали постоянным магнитным полем соленоида или электромагнита до насыщения и перемагничивания ее постоянным полем противоположного направления, величина которого подобрана соответствующим образом.

Процесс размагничивания должен включать не менее 40 периодов размагничивающего поля, равномерно убывающих по амплитуде. Если деталь размагничивают путем ее перемещения через соленоид, питаемый переменным током, то максимально допустимая скорость продвижения детали определяется следующей формулой:

$$V_{\max} = \frac{H_{\max} \cdot (1 - c) \cdot f}{\left(\frac{dH}{dx} \right)_{\max}},$$

где $H_{\max}$ – максимальная напряженность магнитного поля соленоида в зоне прохождения размагничиваемых деталей;

f – частота размагничивающего тока;

$\left(\frac{dH}{dx}\right)_{\max}$ – максимальное значение градиента магнитного поля в направ-

лении, параллельном оси соленоида в зоне прохождения размагничивающих деталей;

c – коэффициент, определяющий максимальное допустимое уменьшение амплитуды напряженности магнитного поля между последующим H_2 и предыдущим H_1 периодами, $c = H_2/H_1$.

Обычно достаточно, если $c = 0,95$.

Оценку качества размагничивания объекта производят путем определения показателя размагниченности K , выполняя измерения при вертикальном или горизонтальном расположении объекта:

$$K = C_e \cdot \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1},$$

где C_e – поправочный коэффициент, если деталь в процессе измерений располагалась вертикально;

α_1 – отклонение стрелки измерителя напряженности поля при первом измерении, когда преобразователь располагается у конца детали;

α_2 – то же после поворота детали вместе с преобразователем на 180° вокруг малой оси детали.

В большинстве случаев деталь считают размагниченной, если $K \leq 3$ [3–5].

Приборы и оборудование

1 Измеритель напряженности магнитного поля ИОН-3.

2 Ферромагнитная штанга.

3 Соленоид.

4 Источник питания В-24М.

5 Немагнитная прокладка.

Задание

Определить качество размагничивания детали.

2.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить задание по определению показателя размагниченности ферромагнитной штанги.

2 Если $K > 3$, то произвести размагничивание штанги, предварительно определив максимально допустимую скорость перемещения детали в соленоиде, и повторить исследования согласно п. 1.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Описание основных способов размагничивания.
- 3 Выполнение расчетного задания.
- 4 Описание методики исследований.
- 5 Оценка качества размагничивания объекта.
- 6 Расчет максимально допустимой скорости перемещения детали в соленоиде при ее размагничивании.
- 7 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 В каких случаях недопустима повышенная остаточная намагниченность?
- 2 Назовите основные способы размагничивания деталей.
- 3 В чем заключаются основные трудности размагничивания массивных деталей?
- 4 От чего зависит максимально допустимая скорость перемещения детали в соленоиде при ее размагничивании?
- 5 Что такое показатель размагниченности K ?
- 6 Опишите методику определения показателя размагниченности.
- 7 В каком случае крупногабаритный объект считают размагниченным?
- 8 Какой предельно допустимый уровень воздействия постоянных магнитных полей на человека?

3 Лабораторная работа № 3. Изучение принципа действия и устройства прибора для измерения переменных магнитных полей. Получение навыков выполнения измерений

Цель работы: оценка эффективности экранирования электромагнитных полей.

3.1 Основные теоретические положения

Миллитесламетр Ф4356 предназначен для измерения индукции переменного поля линий электропередач, бытовой техники и промышленных устройств. Используется для измерения среднего значения индукции переменных магнитных полей. Конечные значения диапазонов измерений: 0,1; 0,3 мТл (погрешность $\pm 6\%$); 1; 3; 10; 30; 100 мТл (погрешность $\pm 4\%$).

Габариты 310 × 230 × 150 мм, масса 4,5 кг.

Миллитесламетры серии Ф4356 (в дальнейшем – приборы) предназначены для измерения среднего значения индукции переменных магнитных полей в воздушных зазорах 1 мм и более. Рабочие условия применения и предельные

условия транспортирования соответствуют значениям, приведенным далее.

Напряжение питающей сети:

- нижнее значение – 198 В;
- верхнее значение – 242 В.

Частота питающей сети, Гц:

- нижнее значение – 49,8 В;
- верхнее значение – 50,2 В.

Технические характеристики

1 Миллитесламетр Ф4356 переносной с питанием от электрической сети.

2 Предел допускаемой основной погрешности $\pm 4\%$.

Конечные значения диапазонов измерений индукции переменного магнитного поля: 1; 3; 10; 30; 100; 0,1 и 0,3 мТл.

Измеритель магнитных полей ИМП-1 предназначен для измерений трёх компонент и модуля индукции постоянных и переменных магнитных полей.

Технические и метрологические характеристики

Диапазон измерений (базовая модель ИМП-1):

- три компоненты и модуль индукции постоянных магнитных полей – 0,01...2000 мТл;
- три компоненты и модуль индукции переменных магнитных полей частотой до 1000 Гц – 0,01...100 мТл.

Погрешность измерений:

- при измерениях индукции В постоянных магнитных полей:
 - а) в диапазоне измерений 0,01...60 мТл – не более $\pm (0,1 + 0,04 В)$ мТл;
 - б) в диапазоне измерений 60...2000 мТл – не более $\pm (0,1 + 0,03 В)$ мТл;
- при измерениях индукции В переменных магнитных полей частотой до 1000 Гц в диапазоне измерений 0,01...100 мТл – не более $\pm (0,1 + 0,05 В)$ мТл.

Ток потребления – не более 60 мА.

Габаритные размеры – не более 150 × 80 × 30 мм.

Диапазон рабочих температур – от минус 10 °С до плюс 40 °С.

В настоящее время прибор ИМП-1 внесен в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь; получен сертификат об утверждении типа средства измерений.

Технические и экономические преимущества

Преимущество прибора ИМП-1, по сравнению с известными аналогами, заключается в том, что один преобразователь обеспечивает измерения трёх компонент и модуля индукции постоянных магнитных полей в широком диапазоне измерений и переменных магнитных полей частотой до 1000 Гц в начальном диапазоне измерений.

Область применения технологии

Прибор ИМП-1 может использоваться для определения уровня намагниченности изделий при дефектоскопии, после их размагничивания, для измерения индукции источников постоянных и переменных магнитных полей, в системах магнитной сепарации (очистки) и в других системах и устройствах промышленного применения с использованием постоянных и переменных магнитных полей [2–5].

Задание

Оценить эффективность экранирования электромагнитных полей.

3.2 Порядок выполнения работы

1 Разработать методику исследования эффективности экранирования электромагнитных полей.

2 Подключить катушку, являющуюся источником электромагнитных полей, к источнику переменного тока.

3 Экранировать катушку различными средствами (по указанию преподавателя).

4 Обобщить результаты и сделать выводы.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Методика исследования эффективности экранирования.

3 Результаты исследований в графическом виде.

4 Выводы.

4 Лабораторная работа № 4. Размагничивание объектов контроля. Определение качества размагничивания

Цель работы: приобрести навыки оценки качества размагничивания ферромагнитных объектов.

4.1 Основные теоретические положения

Детали, прошедшие магнитный контроль и признанные годными по результатам этого контроля, должны быть подвергнуты размагничиванию.

Применяют в основном два способа размагничивания: нагревание детали выше точки Кюри; воздействие на объект переменным полем с постепенно убывающей до нуля амплитудой. Лучшие результаты размагничивания получаются в случаях, когда направление размагничивающего поля совпадает с

направлением поля, которым детали были намагничены. В зависимости от формы и размеров деталей такое размагничивание может производиться по-разному:

- перемещением детали через соленоид, питаемый переменным током, и удалением ее на расстояние, на котором поле соленоида ничтожно мало (обычно на расстояние, равное 3...5 диаметрам (или диагоналям) соленоида);
- уменьшением до нуля переменного тока в катушке соленоида с помещенной в него деталью (длина соленоида должна быть при этом больше длины детали);
- удалением детали из электромагнита, питаемого переменным током;
- уменьшением до нуля переменного тока в электромагните, в межполюсном пространстве которого находится размагничиваемая деталь или ее участок;
- пропусканием по детали либо по стержню, вставленному в полость детали, переменного тока, амплитуда которого изменяется от максимального значения до нуля.

Деталь может быть размагничена и за один цикл, если ее намагнитить продольным постоянным магнитным полем соленоида или электромагнита до насыщения, а затем постоянным полем противоположного направления, величина которого подобрана соответствующим образом.

Качественное размагничивание обеспечивается в том случае, если начальная напряженность размагничивающего поля во всех точках объема детали, подлежащей размагничиванию, будет более пяти значений коэрцитивной силы материала (это обычно выполняется, если амплитудное значение начальной напряженности поля не меньше напряженности поля, которым деталь была намагничена). Процесс размагничивания должен включать не менее 40 периодов размагничивающего поля, равномерно убывающих по амплитуде.

Чем больше частота размагничивающего поля, магнитная проницаемость μ материала объекта и его удельная электрическая проводимость σ , тем на меньшую глубину проникает размагничивающее поле. Так, если в поле частотой 50 Гц можно уверенно размагнитить образец толщиной 2 мм с коэрцитивной силой 10 ... 15 А/см, то в поле частотой 1 Гц – 30 мм, выполненный из того же материала.

При размагничивании детали путем ее перемещения через соленоид, питаемый переменным током, максимально допустимая скорость продвижения детали через соленоид определяется по следующей формуле:

$$V_{\max} = \frac{H_{\max}(1-c)f}{\left(\frac{dH}{dx}\right)_{\max}},$$

где $H_{\max}$ – максимальная напряженность магнитного поля соленоида в зоне прохождения размагничиваемых деталей;

f – частота размагничивающего тока;

$\left(\frac{dH}{dx}\right)_{\max}$ – максимальное значение градиента магнитного поля в направ-

лении, параллельном оси соленоида в зоне прохождения размагничиваемых деталей;

c – коэффициент, определяющий максимальное допустимое уменьшение амплитуды напряженности магнитного поля между последующим H_2 и предыдущим H_1 периодами, $C = H_2/H_1$.

Обычно достаточно, если $C = 0,95$.

Оценку качества размагничивания объекта производят путем определения показателя размагниченности K , выполняя измерения при вертикальном или горизонтальном расположении объекта:

$$K = C_{\epsilon} \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1},$$

где C_{ϵ} – поправочный коэффициент, если деталь в процессе измерений располагалась вертикально;

α_1 – отклонение стрелки измерителя напряженности поля при первом измерении, когда преобразователь располагается у конца детали;

α_2 – то же после поворота детали вместе с преобразователем на 180° вокруг малой оси детали.

В большинстве случаев деталь считают размагниченной, если $K \leq 3$.

Если деталь сложно расположить вертикально, то ее располагают горизонтально, ориентируя с севера на юг. Показатель размагниченности определяют по формуле, аналогичной выше приведенной, в которой вместо поправочного коэффициента C_{ϵ} используется C_s .

Оценку качества размагничивания крупногабаритных объектов определяют путем измерения тангенциальной составляющей напряженности поля у поверхности объекта. Считают, что объект размагничен, если тангенциальная составляющая напряженности поля в непосредственной близости от поверхности объекта, обусловленная его остаточной намагниченностью, не превышает значения, указанного в техническом условии на объект.

Приборы и оборудование

1 Измеритель магнитной индукции ИОН-3, миллитесламетр ТП2-2У, измеритель магнитных полей ИМП-1.

2 Неферромагнитная штанга.

3 Соленоид.

4 Источник питания В-24М, ВСА-5К или IRPS 60 В / 20 А.

4.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить задание (по указанию преподавателя) по определению характера изменения напряженности по сечению детали цилиндрического или прямоугольного сечения. Сделать выводы.

2 Определить показатель размагниченности ферромагнитной штанги.

3 Если $K > 3$, то произвести размагничивание штанги, предварительно определив максимально допустимую скорость перемещения детали в соленоиде, и повторить измерения.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Описание основных способов размагничивания.

3 Описание методики исследований.

4 Оценка качества размагничивания объекта.

5 Расчет максимально допустимой скорости перемещения детали в соленоиде при ее размагничивании.

6 Выводы.

Контрольные вопросы

1 В каких случаях недопустима повышенная остаточная намагниченность объектов?

2 Назовите основные способы размагничивания деталей.

3 В чем заключаются трудности размагничивания массивных деталей?

4 От чего зависит максимально допустимая скорость перемещения детали при ее размагничивании с помощью соленоида, запитанного переменным током?

5 Что такое показатель размагниченности K ?

6 Опишите методику определения показателя размагниченности.

7 Каков предельно допустимый уровень воздействия постоянных магнитных полей на человека?

5 Лабораторная работа № 5. Определение кривой намагничивания низкоуглеродистой стали

Цель работы: приобретение практических навыков измерений при определении основной кривой намагничивания стали; усвоение методики определения основной кривой намагничивания вещества.

5.1 Основные теоретические положения

Основная кривая намагничивания (индукции) – кривая, представляющая собой геометрическое место вершин симметричных петель магнитного гистерезиса, которые получаются при последовательно возрастающих максимальных значениях напряженности магнитного поля. Каждая точка основной кривой намагничивания определяется после многократного коммутирования намагничивающего тока для получения установившегося цикла. Коммутационная (основная) кривая намагничивания является исходной для получения таких характеристик ферромагнитных материалов, как начальная, дифференциальная, максимальная магнитная проницаемость и др.

Методика выполнения измерений при определении основной кривой намагничивания материалов с коэрцитивной силой до 4 кА/м регламентируется ГОСТ 8.377–80. Измерения выполняют на образцах кольцеобразной формы с отношением наружного диаметра к его внутреннему диаметру не более 1,3. На кольцевые образцы должны быть нанесены изолированным медным проводом две обмотки: измерительная и намагничивающая. Обмотки друг от друга и образец от обмоток изолируют лентой из изоляционного материала (лакотканого и т. д.). Число витков измерительной обмотки выбирают в соответствии с чувствительностью баллистического гальванометра или веберметра таким, чтобы при измерении минимальной магнитной индукции на основной кривой намагничивания относительная погрешность отсчета на баллистическом гальванометре не превышала $\pm 0,5\%$ (отклонение указателя аналогового веберметра находилось бы во второй половине шкалы). Отводимые от обмотки провода должны быть перевиты.

Намагничивающая обмотка должна быть расположена равномерно по длине окружности образца поверх измерительной обмотки. Число витков W_1 намагничивающей обмотки вычисляют по формуле

$$W_1 \geq \frac{\pi H(D_H + D_B)}{2I}, \quad (5.1)$$

где H – максимальное значение напряженности поля, которое требуется создать в образце, А/м;

I – максимальный ток, не вызывающий нагревание обмотки и, как следствие, нагревание образца.

Кольцевые образцы размагничивают перед экспериментами посредством

перемагничивания их в переменном поле с амплитудой, равномерно убывающей от определенного максимального значения. Максимальная амплитуда размагничивающего поля должна превышать коэрцитивную силу материала образца не менее чем в 50 раз – для сплавов по ГОСТ 10160–75 и не менее чем в 10 раз – для остальных материалов. Конечная амплитуда, при которой разрывается цепь размагничивающего тока, должна быть не более 0,1 А/м – для сплавов по ГОСТ 10160–75 и не более 0,005 H_c – для остальных материалов.

Основную кривую намагничивания определяют, начиная с наименьшего требуемого значения напряженности поля, постепенно переходя к большим значениям. Не допускается возврат от больших значений к меньшим [1, 2, 6].

Приборы и оборудование

- 1 Микровольтампервеберметр с дополнительным пультом управления.
- 2 Кольцевой образец из стали.
- 3 Обмоточный медный провод диаметром 0,5 мм длиной 7 м и диаметром 0,2 мм длиной 1,5 м.
- 4 Изоляционная лента или лакоткань.
- 5 Штангенциркуль.
- 6 Кусачки.
- 7 Шкурка для зачистки проводов.
- 8 Челнок.

Задание

Построить основную кривую намагничивания для неизвестного материала по заданию преподавателя.

5.2 Порядок выполнения работы

5.2.1 Подготовка образцов.

Подготовку образцов произвести следующим образом:

- измерить параметры исследуемого размагниченного кольцевого образца: D_n – наружный диаметр; D_v – внутренний диаметр; h – высоту образца;
- нанести на поверхность кольцевого образца слой изоляции. Повторить замеры параметров согласно предыдущему пункту;
- нанести на изолированный образец два витка ($W_2 = 2$) изолированного медного провода $d = 0,2$ мм. Отводимые от образца провода свить, концы проводов зачистить;
- определить требуемое число витков намагничивающей обмотки W_2 по формуле (5.1) для случая $H = 50$ А/см, $I = 6$ А;
- витки измерительной обмотки, нанесенные на образец, покрыть изолен-той. Нанести равномерно по всей поверхности кольцевого образца намагничивающую обмотку. Отводимые от образца провода свить, концы проводов очистить от лака.

5.2.2 Выполнение измерений.

Измерения провести в следующем порядке:

- собрать установку для измерения статических магнитных характеристик материалов (см. принципиальную электрическую схему на пульте управления);
- подключить измерительную обмотку к соответствующим клеммам микровольтампервеберметра типа Ф18. Перевести переключатель прибора на предел измерения магнитного потока. Проверить установку нуля прибора, для чего перевести соответствующий тумблер в положение «нуль». В случае, если стрелка прибора начнет «сползать», включить тумблер «сухой элемент» и с помощью реостатов «грубо» и «точно» остановить стрелку.

Примечание – Если контактные концы измерительной катушки плохо зачищены или имеется обрыв провода, то стрелка прибора будет занимать крайнее положение;

- при отключенном тумблере S_3 подать ток 0,5 А в намагничивающую катушку образца с помощью тумблера S_2 ; произвести 10–12 коммутационных переключений тока тумблером S_2 ; включить тумблер S_3 , тумблер на панели прибора перевести в положение «установка нуля», после чего перевести его в положение «измерение». Переключателем S_2 изменить направление тока в намагничивающей обмотке на противоположное, и произвести отсчет показания прибора (стрелка прибора должна отклониться вправо);
- увеличить ток в намагничивающей катушке на 0,5 А, повторить измерения.

Примечание – Для расчетов напряженности поля необходимо использовать величину намагничивающего тока по показаниям амперметра в момент измерения магнитного потока;

- напряженность поля, создаваемого намагничивающей катушкой, определить по формуле

$$H_1 = \frac{w_1 I}{2\pi R_{cp}},$$

где W_1 – число витков намагничивающей катушки;

I – ток в намагничивающей катушке, А;

R_{cp} – средний радиус кольцевого образца, $R_{cp} = \frac{D_H + D_B}{4}$;

- определить величину индукции в образце при соответствующих значениях тока:

$$B = \frac{\Psi}{2W_2 S},$$

где Ψ – показания прибора;

W_2 – число витков измерительной катушки;

S – сечение, охватываемое витком измерительной катушки;

- построить основную кривую намагничивания вещества.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Эскиз образца.
- 3 Основные расчетные формулы и результаты.
- 4 График зависимости $B = f(H)$.
- 5 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение кривой первоначального намагничивания, безгистерезисной кривой, основной кривой намагничивания.
- 2 В чем отличие кривых намагничивания вещества и тела?
- 3 Напишите основные выражения, которые характеризуют магнитное состояние вещества.
- 4 Что такое B_r , H_c , M_s , μ_a , μ_0 , μ_r , μ_d , $\mu_{обр}$?
- 5 Как размагничивают кольцевые образцы перед началом эксперимента?
- 6 Почему образцы для исследований должны иметь $R_n/R_{вн} \leq 1,3$?
- 7 Что такое домен?
- 8 Какие элементы и вещества относятся к ферромагнетикам?
- 9 Назовите единицы измерения B , μ , μ_0 , μ_d , Φ , H , M .
- 10 Начертите график зависимости $\mu = f(H)$.
- 11 Среди написанных выражений укажите верные: $Дж = B \cdot c$; $Дж = Ом \cdot c$; $Дж = B \cdot A \cdot c$; $Гн = B \cdot c$; $Гн = Ом \cdot c$; $Гн = B \cdot A \cdot c$; $Вб = B \cdot c$; $Вб = Ом \cdot c$; $Вб = B \cdot A \cdot c$.
- 12 Покажите, что $\frac{[H]}{[A] \cdot [M]} = \frac{[Bб]}{[M]^2} = [Тл]$.
- 13 Почему формула для определения индукции в кольцевом образце содержит в знаменателе 2?

6 Лабораторная работа № 6. Изучение принципа действия приборов низкочастотной электротерапии серии «Радиус-01»

Цель работы: изучение назначения, принципа действия и приобретение навыков настройки прибора низкочастотной электротерапии «Радиус-01» на соответствующие режимы.

6.1 Основные теоретические положения

Приборы предназначены для воздействия постоянными токами, а также различными видами переменных низкочастотных токов на организм человека с лечебными и профилактическими целями, в лечебных и лечебно-профилактических медицинских организациях и учреждениях, в условиях отделения, кабинета физиотерапии или палаты.

Приборы, установки и системы, с помощью которых искусственно создаются физические факторы, используемые для проведения терапии, называются физиотерапевтическими.

Установлено, что при правильном применении методов физиотерапии оказывается нормализующее, положительное влияние на обмен веществ, окислительно-восстановительные процессы, нервно-гуморальную регуляцию функций внутренних органов, кровь, лимфообразование и т. д. В результате исчезают или уменьшаются болевые синдромы, нормализуются секреторная и моторная функции органов, снижается активность воспалительных процессов и др.

Известны гуморальные механизмы действия физиопроцедур, когда в тканях организма образуются биологически активные вещества – гистамин и нейромедиаторы (норадреналин, дофамин, ацетилхолин). Это, в свою очередь, приводит к усилению выделения гормонов из желез внутренней секреции. Происходит перестройка организма и активация его защитных механизмов.

Задание

Изучить методические указания к лабораторной работе. Основываясь на том, что прибор «Радиус-01» генерирует токи СМТ (синусоидальные модулированные), ДДТ (диадинамические), ГТ (гальванические), выполнить настройки в соответствии с пп. 1.8.1–1.8.3 инструкции прибора.

Выполнить настройку прибора в соответствии с заданием преподавателя.

6.2 Порядок выполнения работы

Выполнить настройку прибора в соответствии с алгоритмом работы в режиме формирования СМТ, ГТ, ДДТ.

Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Краткие теоретические положения.
- 4 Краткие сведения о физиологическом и лечебном действии низкочастотной электротерапии. Показания к применению, противопоказания.
- 5 Краткое описание принципа действия прибора.

Контрольные вопросы

- 1 В каких единицах измеряются напряженность и индукция магнитного поля?
- 2 Что такое низкочастотная электротерапия?
- 3 Назовите основные технические характеристики прибора.
- 4 Опишите принцип действия прибора.
- 5 Опишите основные меры предосторожности, которые надо соблюдать при работе с прибором.

7 Лабораторная работа № 7. Изучение принципа действия аппаратов серии «СЕТА-Д», предназначенных для бесконтактного воздействия низко- и среднечастотным импульсным магнитным полем

Цель работы: изучение назначения, принципа действия и приобретение навыков настройки аппарата импульсной индукционной терапии «СЕТА-Д» на соответствующие режимы.

7.1 Основные теоретические положения

Аппараты серии «СЕТА-Д» предназначены для бесконтактного воздействия низко- и среднечастотным импульсным магнитным полем интенсивностью от 0,2 до 1,2 мТл при заболеваниях и травматических повреждениях периферической и центральной нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной, пищеварительной и мочеполовой систем (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Рабочие режимы при использовании аппарата «СЕТА-Д»

Режим	Амплитуда импульсов магнитной индукции, мТл						Число импульсов в серии	Число серий импульсов в минуту	Длительность работы, мин
	Индуктор I-40, I-100								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2			
1	+	+	+	+	+	+	6	10	10
2	+	+	+	+	+	+	6	20	5
3	+	+	+	+	+		11	20	5
4	+	+	+	+	+		7	30	5
5	+	+	+				15	20	10
6	+	+	+				10	30	10
7	+	+	+				30	20	5
8	+	+	+				20	30	5
9	+	+					30	20	10
10	+	+					20	30	10
11	+	+					60	20	5
12	+	+					40	30	5
13	+	+					60	20	10
14	+	+					40	30	10
15	+	+					90	20	5
16	+	+					60	30	5

Аппарат «СЕТА-Д» может быть укомплектован одним или двумя индукторами. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность – не более 150 Вт. Форма импульсов

магнитной индукции – однополярная, треугольная. Масса аппарата – не более 5 кг. Класс электробезопасности – II тип В.

Аппарат обеспечивает выбор амплитуды импульсов магнитной индукции и выполнение запрограммированных режимов согласно таблице 7.1.

Примечание – После рабочего цикла аппарата активизируется HOLD-цикл: пауза для остывания электронных компонентов. На индикаторе высвечивается надпись «Hld», которая сменяется счетчиком времени до конца охлаждения. Управление прибором в это время невозможно!

7.2 Основные сведения о физиологическом и лечебном действии импульсного магнитного поля

Действие импульсного магнитного поля с индукцией от 0,2 до 1,2 Тл, в отличие от переменных магнитных полей с низкой индукцией, характеризуется:

- образованием в тканях наведенного (индукционного) электрического тока, величина которого зависит от скорости изменения и интенсивности магнитного поля. Поскольку живая ткань практически не препятствует прохождению сквозь нее магнитного поля, то наведение электрического поля происходит равномерно на любой глубине и в любых тканях (костной, мышечной, нервной и внутренних органах), где распространяется магнитное поле. Образовавшийся электрический ток действует на все возбудимые структуры организма;

- созданием в зоне воздействия инфразвуковых механических колебательных движений в средах организма, под влиянием которых также изменяется возбудимость клеток и скорость течения многих биохимических процессов в органах и тканях;

- более активным воздействием на водные системы организма, что сопровождается разнообразными положительными сдвигами в реакциях и процессах, протекающих в водной фазе.

В результате применения метода магнитоиндукционной терапии стимулируются возбудимость нервно-мышечного аппарата, регенерация повреждённых тканей, развитие коллатерального кровообращения, функционирование желез внутренней и внешней секреции, увеличивается скорость течения биохимических реакций и обменных процессов.

Непосредственно после процедуры наблюдается обезболивающий эффект, который обусловлен периферическим и спинальным механизмом блокирования, а в более поздний период – улучшение микроциркуляции и уменьшение отека и воспаления.

С улучшением микроциркуляции и резорбции продуктов распада в очаге воспаления связан противовоспалительный эффект, а изменение заряда и проницаемости мембран определяет четко выраженный противоотечный эффект. Благодаря нервно-рефлекторным и гуморальным механизмам действия метода импульсной магнитоиндукционной терапии происходит нормализация работы различных органов и систем организма.

Основные терапевтические возможности и достоинства магнитоиндук-

ционной терапии:

- снятие болевого синдрома (анальгетический эффект);
- противовоспалительный эффект;
- расширение кровеносных сосудов;
- снятие мышечных спазмов;
- укрепление иммунной системы;
- ускорение процесса регенерации тканей;
- ускорение роста новых клеток;
- восстановление поврежденных мышц и связок;
- нормализация функционирования вегетативной нервной системы;
- нормализация и стабилизация давления крови;
- повышение эффективности лекарственной терапии;
- возможность трансцеребральных воздействий;
- стимуляция и улучшение секреторной способности мышц;
- отсутствие повреждающих эффектов при действии на нормальные структуры организма;
- простота в использовании и бесконтактность воздействия.

Задание

- 1 Изучить настоящие методические указания.
- 2 Произвести настройку прибора в соответствии с заданием преподавателя.

7.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить методические указания к лабораторной работе. Извлечь аппарат из транспортной упаковки. После транспортирования при отрицательных температурах аппарат должен быть выдержан для просушки при комнатной температуре (25 ± 10) °С не менее 2 ч.

2 Подключить вилку сетевого шнура аппарата к сетевой розетке переменного напряжения 50 Гц 220 В.

3 Переключить выключатель сети, расположенный на задней панели, в положение «включено». После включения загорится единичный индикатор сети.

Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Краткие теоретические положения.
- 4 Краткие сведения о физиологическом и лечебном действии импульсного магнитного поля.
- 5 Показания к применению, противопоказания.
- 6 Краткое описание принципа действия прибора.

Контрольные вопросы

- 1 В каких единицах измеряются напряженность и индукция магнитного поля?
- 2 Какое физиологическое и лечебное действие оказывает импульсное магнитное поле на организм человека?
- 3 Назовите основные технические характеристики прибора.
- 4 Опишите принцип действия прибора.
- 5 Опишите основные меры предосторожности, которые надо соблюдать при работе с прибором.
- 6 Какое время непрерывной работы индуктора? Допускается ли при этом работа со вторым индуктором?
- 7 Для лечения каких болезней рекомендуют использовать данный прибор?
- 8 Назовите противопоказания к применению прибора.

8 Лабораторная работа № 8. Изучение принципа действия и настройка аппарата физиотерапевтического «РЕФТОН-01-ФС»

Цель работы: изучение назначения, принципа действия и приобретение навыков настройки многофункционального физиотерапевтического аппарата «РЕФТОН-01-ФС».

8.1 Основные теоретические положения

Совершенствование методов физиотерапии, прежде всего разработка и создание аппаратов-комбайнов, в том числе многоканальных, генерирующих несколько физических факторов и сочетающих в себе возможности нескольких физиотерапевтических аппаратов, является актуальной задачей современной медицины. Таким требованиям соответствует многофункциональный физиотерапевтический аппарат «РЕФТОН-01-ФС». Конструкцией аппарата предусмотрена возможность проводить следующие виды воздействий: гальванизацию, лекарственный электрофорез, импульсную электротерапию диадинамическими и синусоидально-модулированными токами, лазерную и магнито-лазерную терапию.

Задание

- 1 Изучить настоящие методические указания.
- 2 Внимательно ознакомиться с принципом действия аппарата и панелью его управления.
- 3 Произвести настройку прибора в соответствии с заданием преподавателя.

8.2 Порядок выполнения работы

1 Произвести проверку целостности кабеля пациента 1 и системы защиты от перегрузки по току. Научиться подключать один, два и три кабеля. Подключить кабель пациента 1 без электродов, соблюдая цветовую маркировку. Кнопкой «Вкл.» включить аппарат. Кнопкой «Выбор» установить тип воздействия «ГТ». Нажать 3 раза кнопку «Пуск». Накоротко замкнуть токопроводящие лопатки между собой и удерживать их в таком состоянии до окончания проверки. 3 раза нажать кнопку «больше» в виде треугольника с вершиной вверх (на дисплее должно быть показание тока (около 20...50 мА). Свободной рукой подергать провод в местах его соединения с разъемами с обеих сторон (при этом показания значений тока не должны изменяться больше, чем на $\pm 1,5$ мА. Если происходит большее изменение показания тока, то это означает, что кабель пациента неисправен. Нажимая кнопку «больше» в виде треугольника с вершиной вверх увеличить ток. При достижении его значения более $80 \text{ мА} \pm 10 \%$ аппарат должен выйти из активного режима (отключение тока пациента). На дисплее должна высветиться надпись «перегрузка», сопровождающаяся звуковым сигналом. Кнопкой «Стоп» вывести аппарат из состояния «перегрузка». Кнопкой «Вкл.» выключить аппарат.

2 Перед введением аппарата в эксплуатацию обязательно следует проверить полярность его клемм. Для этого пользуются обычно двумя способами.

3 На кусочек ватки или марли, смоченной раствором йодида натрия или калия, поместить на расстоянии 2...3 см оголенные концы проводов, подсоединенных к разным полюсам аппарата для гальванизации, и пропустить электрический ток. У провода, подсоединенного к положительному полюсу, должно появиться желтое окрашивание, постепенно приобретающее коричневую окраску (вследствие выделения йода).

4 В стакан с водой опустить оголенные концы проводов, которые соединены с катодом и анодом гальванического аппарата. При пропускании тока у оголенных проводов должно происходить выделение газовых пузырьков, значительно более бурное у соединенного с катодом аппарата.

5 Получить одно из заданий от преподавателя: проведение процедуры электротерапии по одному из типов воздействия (ГТ, ДДТ, СМТ). Выполнить необходимые операции, используя прибор.

Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Краткие теоретические положения.
- 4 Краткие сведения о физиологическом и лечебном воздействии, реализуемом аппаратом «РЕФТОН-01-ФС».
- 5 Показания к применению, противопоказания.
- 6 Краткое описание принципа действия прибора.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое гальванизация и лекарственный электрофорез?
- 2 Какое физиологическое и лечебное действие оказывают гальванизация и лекарственный электрофорез на организм человека?
- 3 Назовите основные технические характеристики прибора.
- 4 Какой вид диадинамических токов, генерируемых аппаратом «Рефтон-01-ФС»?
- 5 Какие имеются показания и противопоказания к применению магнитолазерной терапии?
- 6 Что такое магнитолазерная терапия?

9 Лабораторная работа № 9. Изучение принципа действия и настройка аппарата BTL-4000 Smart

Цель работы: изучение назначения, принципа действия и приобретение навыков настройки аппарата BTL-4000 Smart.

9.1 Основные теоретические положения

BTL-4000 Smart/Premium – серия профессиональных приборов для физиотерапии. В зависимости от требуемой конфигурации каждый прибор может включать до трех генераторов – для электротерапии, для ультразвуковой терапии и для лазерной терапии. Оба варианта прибора – BTL-4000 Smart и BTL-4000 Premium – оборудованы цветным сенсорным экраном, что значительно облегчает их использование. Процедура начинается с быстрого выбора из списка наиболее часто используемых протоколов лечения либо с выбора из списка всех протоколов лечения. Прибор позволяет выбрать оптимальную терапию в соответствии с требуемым лечебным эффектом или в зависимости от места применения. Оператор может легко регулировать все параметры терапии с помощью кнопок сенсорного экрана и/или на передней панели устройства. В период проведения процедуры на экране отображаются тип применяемой терапии, используемые принадлежности, время до конца процедуры и основные параметры терапии.

Электротерапия – неинвазивный терапевтический метод, основанный на прохождении электрического тока через ткани человеческого организма. Электроды, между которыми проходит ток, прикладываются непосредственно к коже пациента. Электротерапия применяется для устранения острых и хронических болей, лечения нервно-мышечных дисфункций, увеличения диапазона подвижности суставов, снижения острой и хронической отечности, улучшения периферического кровотока и восстановления тканей.

Прибор предназначен исключительно для профессионального использования. Недопустимо эксплуатировать его на открытом воздухе, в местах, где

существует опасность взрыва либо протечки воды, а также в пыльной или влажной обстановке.

Задание

Изучить инструкцию по применению прибора. Произвести настройку прибора по заданию преподавателя.

Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Краткие теоретические положения.
- 4 Краткие сведения о физиологическом и лечебном действии импульсного магнитного поля.
- 5 Показания к применению, противопоказания.
- 6 Краткое описание принципа действия прибора.

Контрольные вопросы

- 1 В каких единицах измеряются напряженность и индукция магнитного поля?
- 2 Какое физиологическое и лечебное действие оказывает слабый электрический ток на организм человека?
- 3 Назовите основные технические характеристики прибора.
- 4 Опишите принцип действия прибора.
- 5 Опишите основные меры предосторожности, которые надо соблюдать при работе с прибором.

Список литературы

- 1 **Новиков, В. А.** Магнитный контроль в вопросах и ответах / В. А. Новиков. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – 344 с.: ил.
- 2 **Борисов, В. И.** Источники и приемники физических полей и излучений: учеб. пособие / В. И. Борисов, В. А. Новиков, С. С. Сергеев. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 368 с.: ил.
- 3 **Бакунов, А. С.** Магнитный контроль: учеб. пособие / А. С. Бакунов, Э. С. Горкунов, В. Е. Щербинин; под ред. В. В. Ключева. – М.: Спектр, 2011. – 194 с.: ил.
- 4 Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. Т. 6, кн. 1: Магнитные методы контроля / Под ред. В. В. Ключева. – 2-е изд., перераб. и испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 688 с.: ил.

5 Герасимов, В. Г. Неразрушающий контроль: практ. пособие: в 5 кн. Кн. 3: Электромагнитный контроль / В. Г. Герасимов, А. Д. Покровский, В. В. Сухоруков; под ред. В. В. Сухорукова. – М.: Высш. шк., 1992. – 312 с.

6 Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик: ГОСТ 8.377–80. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 25 с.